

**НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ, ИЗМЕРЕННЫХ
УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОГО
РАЗДЕЛЬНО-СОВМЕЩЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Алифанова И.Е. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н. Кинжагулов И.Ю.
(Университет ИТМО)

Работа посвящена вопросам акустической тензометрии технических объектов. Предложен метод акустической тензометрии с использованием головной ультразвуковой волны и раздельно-совмещенного оптико-акустического преобразователя. Приведены факторы, которые необходимо учитывать при использовании предложенного метода. Проведена оценка вклада каждого из этих факторов в конечный результат измеренных механических напряжений (МН).

Введение. Измерение механических напряжений (МН) является актуальной задачей при производстве, эксплуатации и рециклинге ответственных и дорогостоящих изделий специального машиностроения с целью обеспечения надежности, снижения затрат на производство, повышение технологичности, а также при планировании и оценке результативности компенсирующих мероприятий по снижению МН. Так как в настоящее время для многих задач нет возможности достоверно установить величину и направление МН расчетным путем, то информация о действительном напряженно-деформированном состоянии конструкции необходима для дальнейшего проектирования современных изделий.

Одними из перспективных методов контроля МН являются методы акустической тензометрии. Акустическая тензометрия основана на явлении акустоупругости – линейной зависимости различных мод ультразвуковых волн от действующих МН в материале тела. Таким образом, при акустической тензометрии проводятся косвенные измерения МН, и оценка точности результата измерений является не тривиальной задачей.

Для оценки точности результата измерений в течение длительного времени использовались принципы теории погрешностей. Однако модели погрешностей, значения доверительных вероятностей и формирование доверительных интервалов в разных странах заметно отличаются друг от друга, что затрудняет сличение результатов измерений. Для достижения сопоставимости результатов измерений по инициативе ряда международных метрологических организаций была предложена новая концепция оценки точности путем введения понятия «стандартная, суммарная и расширенная неопределенность» результата измерения. Для применения такой оценки точности средств измерений (СИ) разработано «Руководство по выражению неопределенности в измерении».

Основная часть. В данной работе рассмотрен метод акустической тензометрии, при котором информационным параметром для контроля МН является скорость распространения головной ультразвуковой волны (УЗВ). Скорость головной УЗВ является наибольшей, что позволяет устойчиво регистрировать её среди других типов УЗВ и шумов. Для определения МН используется определение и регистрация относительного изменения значения скорости распространения головной УЗВ с поправкой на изменение измеряемого значения, вызванного изменением температуры объекта контроля. Изменение скорости распространения головной УЗВ прямо пропорционально изменению величин МН, возникающих в материале при приложении к нему усилий.

Измерение скорости распространения головной УЗВ производится с помощью оптико-акустического раздельно-совмещенного преобразователя (ОАП). Таким образом, МН не измеряются непосредственно, а источниками неопределенности при измерении МН являются

результаты измерений скорости распространения головной УЗВ, результаты определений коэффициентов акустоупругой и термоакустической связей, которые также измеряются косвенно и на результаты измерений которых оказывают влияние результаты измерений параметров ОАП, температуры ОАП и объекта контроля и др.

Выводы. На основании ГОСТ 34100.3-2017 проведена оценка вклада результатов измерений всех перечисленных факторов в конечный результат измерений МН, разработана методика выражения неопределенности измерений МН методом акустической тензометрии с использованием головной УЗВ.

Была получена зависимость расширенной неопределенности измерений от величины измеряемых МН. По данной зависимости видно, что измерения МН в диапазоне менее 100 МПа обладают неопределенностью более 10 % от измеряемой величины. При измерении МН более 200 МПа неопределенность измерений не превысит 4 % (при уровне доверительной вероятности 95 %).

Предложенный подход к оценке неопределенности измерений МН может быть полезен при разработке требований к используемым средствам измерений, настроечным образцам и объектам контроля, а также при разработке методик контроля МН ультразвуковым методом с использованием ОАП.

Алифанова И.Е. (автор)

Кинжагулов И.Ю. (научный руководитель)